

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-218504

(43)Date of publication of application : 08.08.2000

(51)Int.Cl.

B24B 27/06

B24D 18/00

B28D 5/04

(21)Application number : 11-022082

(71)Applicant : TOKYO SEIMITSU CO LTD

(22)Date of filing : 29.01.1999

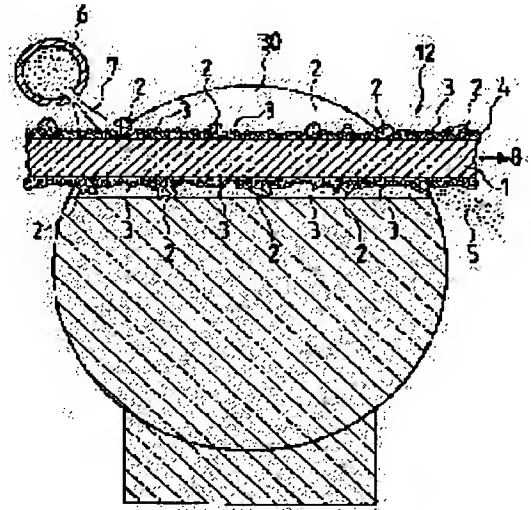
(72)Inventor : TAGO KAZUHIRO
TSUKADA SHUICHI

(54) WIRE WITH FIXED ABRASIVE GRAINS AND CUTTING METHOD FOR FIXED ABRASIVE GRAINS WIRE SAW

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a favorable wafer cut surface and also machine efficiently at a low cost, in the cutting by the wire with fixed abrasive grains.

SOLUTION: In this cutting method, the wire with fixed abrasive grains, in which the abrasive grains having a plural different grain size are mixed and stuck and/or the abrasive grains constituted by the material quality of plural different kinds are mixed and stuck on the wire 12 with fixed abrasive grains used to a fixed whetstone grains wire saw, is used. Thereby, the life of the wire with the fixed abrasive grains can be extended while maintaining the cut surface accuracy of an ingot 30 in a favorable state and a production efficiency is improved and a production cost can be reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-218504

(P2000-218504A)

(43)公開日 平成12年8月8日(2000.8.8)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード*(参考)

B 2 4 B 27/06

B 2 4 B 27/06

H 3 C 0 5 8

B 2 4 D 18/00

B 2 4 D 18/00

3 C 0 6 3

B 2 8 D 5/04

B 2 8 D 5/04

C 3 C 0 6 9

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平11-22082

(22)出願日

平成11年1月29日(1999.1.29)

(71)出願人 000151494

株式会社東京精密

東京都三鷹市下連雀9丁目7番1号

(72)発明者 田子 一弘

東京都三鷹市下連雀9丁目7番1号 株式
会社東京精密内

(72)発明者 塚田 修一

東京都三鷹市下連雀9丁目7番1号 株式
会社東京精密内

(74)代理人 100083116

弁理士 松浦 憲三

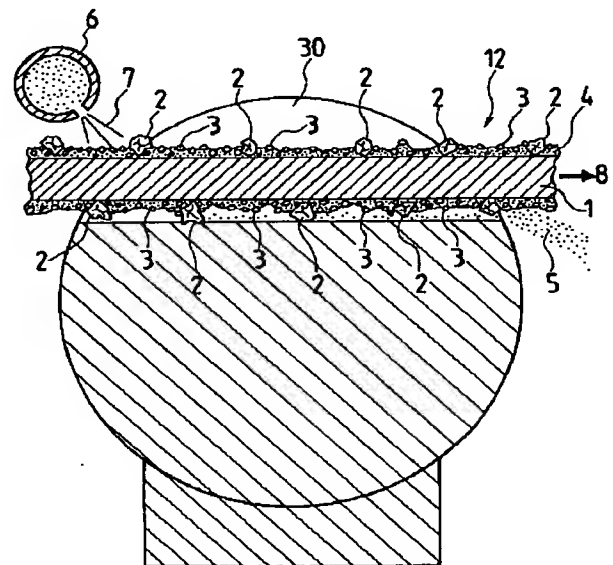
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 固定砥粒付ワイヤ及び固定砥粒ワイヤソーの切断方法

(57)【要約】

【課題】固定砥粒付ワイヤによる切断加工において、良好なウェーハ切断面を得るとともに、能率良く低コストで加工する。

【解決手段】固定砥粒ワイヤソーに用いる固定砥粒付ワイヤ12に、複数の異なった粒度を持つ砥粒が混在して固着されている、且つ/又は、複数の異なった種類の材質で構成された砥粒が混在して固着されている固定砥粒付ワイヤを用いたので、インゴット30の切断面精度を良好な状態に維持しつつ固定砥粒付ワイヤの寿命を延ばすことができ、且つ、生産能率の向上及び生産コストの低減を図ることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ワイヤ表面に砥粒が固着された固定砥粒付ワイヤを走行させながら被加工物を押し当てることにより、該被加工物を切断する固定砥粒付ワイヤにおいて、

前記固定砥粒付ワイヤは、複数の異なった粒度を持つ砥粒が混在して固着されていることを特徴とする固定砥粒付ワイヤ。

【請求項 2】 ワイヤ表面に砥粒が固着された固定砥粒付ワイヤを走行させながら被加工物を押し当てることにより、該被加工物を切断する固定砥粒付ワイヤにおいて、

前記固定砥粒付ワイヤは、複数の異なった種類の材質で構成された砥粒が混在して固着されていることを特徴とする固定砥粒付ワイヤ。

【請求項 3】 ワイヤ表面に砥粒が固着された固定砥粒付ワイヤを走行させながら被加工物を押し当てることにより、該被加工物を切断する固定砥粒付ワイヤにおいて、

前記固定砥粒付ワイヤは、複数の異なった粒度と、複数の異なった種類の材質とで構成された砥粒が混在して固着されていることを特徴とする固定砥粒付ワイヤ。

【請求項 4】 ワイヤ表面に砥粒が固着された固定砥粒付ワイヤを複数のグループローラに巻き掛けてワイヤ列を形成し、該ワイヤ列を走行させながら被加工物を押し当てることにより、該被加工物を多数枚のウェーハに切断する固定砥粒ワイヤソーの切断方法において、

前記請求項 1、または前記請求項 2、または前記請求項 3 に記載の固定砥粒付ワイヤを用いるとともに、前記被加工物の切断部分とその近傍に水溶性の加工液を噴射することを特徴とする固定砥粒ワイヤソーの切断方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は固定砥粒付ワイヤの構造及び該固定砥粒付ワイヤを用いた固定砥粒ワイヤソーの切断方法に係り、特にシリコン、ガラス、セラミックス等の脆性材料を切断する固定砥粒付ワイヤ及び固定砥粒ワイヤソーの切断方法に関する。

【0002】

【従来の技術】棒状の材料（インゴット）を切断して薄板（ウェーハ）を製造する装置の一つにワイヤソーがある。ワイヤソーは所定のピッチで張架されたワイヤ列を高速走行させ、そのワイヤ列に被加工物を押し当てることにより多数枚のウェーハに同時に切断する装置である。

【0003】このワイヤソーには従来から主に使用されている遊離砥粒方式による遊離砥粒ワイヤソーと、切断加工面の精度を向上させるとともに切断加工コスト低減の要求により近年開発されている固定砥粒方式による固

定砥粒ワイヤソーがある。固定砥粒ワイヤソーは、ワイヤ全長にわたり表面に砥粒が固着された固定砥粒付ワイヤを用いてワイヤ列を形成し、そのワイヤ列を高速走行させることによりインゴットを切断する。

【0004】従来の固定砥粒付ワイヤの製造方法は、金属ワイヤの素線に砥粒を電着する方法であった。このワイヤの製造方法は、従来の円盤状薄板の金属ブレードの内周または外周に固定砥粒を電着して、該金属ブレードを高速回転することによりインゴットをウェーハ状の薄板に切断するスライシングマシンや、ダイシングマシンの頃からの金属ブレードに固定砥粒を付ける電着方法と同じであった。そのため、ワイヤに固着する砥粒は 1 種類の粒度であり、材質も 1 種類の材質の砥粒を用いていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、固定砥粒方式によるワイヤソーに於いては、固着された砥粒間にインゴットの切断粉が堆積し目詰まりし易い。このように砥粒間に切断粉が堆積すると切断性能が悪くなり、切断加工面のウェーハ表面にうねりを生じていた。この切断粉の堆積を少なくするために砥粒の集中度を下げる

【0006】切断能率を向上させるには、固定砥粒付ワイヤの砥粒にダイヤモンドを用いると切削性が良くなることは周知であるが、ダイヤモンド自体がたいへん高価であるので、生産レベルでダイヤモンド砥粒を用いて切断加工すると加工コストの面で不利であった。また、砥粒に SiC や Al₂O₃ を用いるとワイヤの生産コストは低いが、切断能率が悪いうえに、ワイヤに対する砥粒の固着力が低いことにより砥粒が脱落し易く固定砥粒付ワイヤの寿命が短いため、切断加工コストの低減には至らなかった。

【0007】本発明はこのような事情に鑑みてなされたもので、固定砥粒付ワイヤによる切断加工において、被加工物の切断面精度を良好な状態に維持し、且つ、生産能率を向上するための固定砥粒付ワイヤと固定砥粒ワイヤソーの切断方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は前記目的を達成するために、ワイヤ表面に砥粒が固着された固定砥粒付ワイヤを走行させながら被加工物を押し当てることにより該被加工物を切断する固定砥粒ワイヤソーにおいて、前記固定砥粒付ワイヤは、複数の異なった粒度を持つ砥粒が混在して固着されていること、且つ／又は、複数の異なった種類の材質で構成された砥粒が混在して固着されていることを特徴としている。

【0009】本発明によれば、固定砥粒ワイヤソーに用いる固定砥粒付ワイヤに、複数の異なった粒度を持つ砥

粒が混在して固着されている、且つ／又は、複数の異なった種類の材質で構成された砥粒が混在して固着されている固定砥粒付ワイヤを用いたので、被加工物の切断面精度を良好な状態に維持し、且つ、生産能率の向上及び生産コストの低減を図ることができる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下添付図面に従って本発明に係る固定砥粒付ワイヤ及び固定砥粒ワイヤソーの好ましい形態について説明する。図1は、本発明に係る固定砥粒付ワイヤ12が、被加工物であるインゴット30を切断している状態を、固定砥粒付ワイヤ12を誇張して示した断面図である。

【0011】以下に、図1に示した固定砥粒付ワイヤ12の構造について説明する。図1に示されるように、固定砥粒付きワイヤ12は、高張力線材等の素材によるワイヤ素線1と、ダイヤモンド、CBN、B₄C、SiC、WC、TiC、GC、アルミナ等の材質による比較的大きな大砥粒2と、ダイヤモンド、CBN、B₄C、SiC、WC、TiC、GC、アルミナ等の材質による比較的小さな小砥粒3と、ワイヤ素線1と大砥粒2及び小砥粒3とを固着している固着材4（バインダー）とから構成されている。

【0012】被加工物のインゴット30の素材は、Si（シリコン）、GaAs、GaPに代表される半導体材料や、磁性材、水晶、サファイヤ等である。なお、大砥粒2及び小砥粒3の固着方法については、CoやNi、Cu等の金属をバインダーとする電着による方法や、有機材料または無機材料による固着（熱硬化等）の樹脂固定等による方法を用いるが、本発明はこれらの方法に限定されるものではない。ただし、樹脂固定の方法によれば、容易に砥粒の集中度を下げる事が可能である。また、ワイヤ素線1の材質は、ピアノ線や高抗張力非金属材料（ファイバ等を含む）でもよいし、該ワイヤ素線1に表面処理を行ってもよい。ワイヤ素線1の断面形状についても円形でも多角形でもよいし、構造についても単線であっても、縊り線であっても本発明の目的は達成される。一般にワイヤソーに於ける前記ワイヤ素線の線径は50～300μmの範囲の素線を用いる。更に大砥粒2と小砥粒3の粒度についても限定されるものではなく、図1に示したように異なる2つの粒度でもよいし、異なる3つ以上の複数の粒度を持つ砥粒の混粒でもよい。例えば、大砥粒2の材質をダイヤモンドとしてその粒度をメッシュ240番とし、小砥粒3の材質をSiCとしてその粒度をメッシュ8000番のように組み合わせ、固着材4を用いてワイヤ12に固着する。また、固着材4に気孔と呼ばれる空洞を設けることによって、切断粉5が砥粒と砥粒の間に堆積して切断能力が低下することを防ぐようにすることも可能である。

【0013】図1の例では被加工物であるインゴット30はワークフィードテーブル28（図2参照）に固定さ

れており、固定砥粒付ワイヤ12が図1の8の方向に走行しながらインゴット30を切断する。切断加工中はノズル付きの配管6から加工液7を噴射させて、該加工液7がインゴット30の切断部及びその近傍にかかるようになっている。

【0014】なお、インゴット30の切断加工に際して切断粉5が発生する。加工液7は切断時に発生する加工熱を吸収し、切断時に生じる固定砥粒付ワイヤとインゴット30間の切断抵抗を減じるとともに、固定砥粒付ワイヤ12の各砥粒間に堆積した切断粉5の排出性を良くするために用いる液体で、水溶性のものと、油性のものとを用いることができる。水溶性の加工液は、比熱と熱伝導率が高いので加工熱を吸収し易いことに加えて、飛散した加工液の清掃が容易で作業環境が良好であるという特徴がある。また水溶性の加工液は、切断したウェーハの後工程に於いてウェーハに付着した加工液の洗浄が容易であるとともに、洗い流した加工液の産業廃棄物処理費用が安価であるという利点がある。

【0015】図2は、図1で示した固定砥粒付ワイヤ12を用いた固定砥粒ワイヤソーのワイヤ経路を示した図である。図2に示すように、固定砥粒付ワイヤ12は、一対のワイヤリール14A、14Bに巻回されており、固定砥粒付ワイヤ12は、この一対のワイヤリール14A、14B間を複数のガイドローラ16、16…に案内されながら往復走行する。図2に示した構造例に於いては、ワイヤ走行路にはそれぞれトラバース装置22A、22B、ダンサローラ24A、24Bが配置されている。トラバース装置22A、22Bは、ワイヤリール14A、14Bから固定砥粒付ワイヤ12を一定の規則に従って案内し、また、ダンサローラ24A、24Bは走行する固定砥粒付ワイヤ12に一定の張力を付与する。前記一対のワイヤリール14A、14Bには、それぞれモータ26A、26Bが連結されており、このモータ26A、26Bと、図示しないグルーブローラ18、18…を駆動するモータとを同期して駆動することにより、前記固定砥粒付ワイヤ12が一対のワイヤリール14A、14B間を走行する。そして、三本のグルーブローラ18、18、18に、固定砥粒付ワイヤ12が巻き掛けられ、水平な固定砥粒付ワイヤ12のワイヤ列20が形成される。前記ワイヤ列20の下方にはワークフィードテーブル28が設置されている。このワークフィードテーブル28は、前記ワイヤ列20に対して垂直に昇降移動し、このワークフィードテーブル28の上部に被加工物であるインゴット30が保持される。

【0016】以上のように構成された固定砥粒ワイヤソー10に於いて、インゴット30は次のように切断される。まず、インゴット30をワークフィードテーブル28に取り付ける。次に、ワイヤリール14A、14Bに連結されたモータ26A、26Bと、図示しないグルーブローラ18、18…を駆動するモータとを同期駆動し

て、固定砥粒付ワイヤ12を走行させる。そして、固定砥粒付ワイヤ12の走行が安定したところで、ワークフィードテーブル28をワイヤ列20に向けて上昇させ、インゴット30を走行するワイヤ列20に押し当てる。ワイヤ列20に押し当てられたインゴット30は、そのワイヤ列20を構成する固定砥粒付ワイヤ12によって接触部が研削され、これにより、ウェーハに切断される。

【0017】以下に固定砥粒付ワイヤを用いた固定砥粒ワイヤソーに於ける被加工物の切断面精度と切断条件とについて説明する。固定砥粒ワイヤソーに於ける切断の際に被加工物の切断面精度を良くするためには、図3に示す切断中の固定砥粒付ワイヤ12の撓みを少なくするとともに、この撓み量を一定に保つことが有効である。その理由は切断中の固定砥粒付ワイヤ12の撓み量が大きいと前記撓み量に応じて固定砥粒付ワイヤ12が蛇行し易くなり、ワイヤ列20のワイヤ間隔が変動してウェーハ一枚一枚の切断面のうねりが増大するからである。そしてこのワイヤ12の撓み量を少なく一定に保つことは、図3に示す固定砥粒付ワイヤ12の走行方向に対して直角方向の切断抵抗FZ (g/cm) の値を小さく一定に保つことに等しい。ウェーハ切断面精度が悪化する原因である切断抵抗FZが増えるのは、切断に対して固定砥粒付ワイヤ12の大砥粒2、2…間に於ける切断粉5の排出性が悪いために切断粉排出能力が追いつかないことにより切断能力が低下するからである。

【0018】そこで図4及び図5に固定砥粒付ワイヤの砥粒率である集中度C以外の切断条件を一定にして集中度Cのみ横軸に変化させたときのウェーハ切断面のうねり量FN (μm) と、切断抵抗FZ (g/cm) との関係性を調査した結果を示す。ここで、切断に使用した被加工物は固定砥粒付ワイヤ12と被加工物との接触長を一定に保つ目的から、図2や図3に示されているような円筒形のインゴット30ではなく角柱状のSi単結晶インゴット(一辺200mm)を用いている。円筒状のインゴット30を切断する場合には単位時間当たりの切断仕事量を一定にするようにワイヤ走行速度を制御したり、切断送り速度を制御すると良い。図4、図5の計測条件は、切断送り速度は1 (mm/min) 一定とし、ワイヤ張力: 35 (N)、最大線速度: 1800 (m/min)、双方向サイクル時間: 30 (sec)、加減速時間: 5 (sec)、加工液: 水+水溶性クーラント3%、砥粒粒度: メッシュ#600番の単粒、ワイヤ素線径: 0.18 (mm) の条件での切断に於けるウェーハ切断面うねり量FNと、切断抵抗FZとを示している。

【0019】図4に示されるとおり、ウェーハ切断面うねり量FNをウェーハ切断面うねり量許容値以下に抑えるためには固定砥粒付ワイヤの集中度Cを75以下に設定すれば良いことがわかる。また前述したように図5に

よれば、切断抵抗FZも集中度Cが75以上で急激に増大することから、切断抵抗FZが増大することに伴ってウェーハ切断面うねり量FNが悪化するとと言える。集中度とは、バインダーを含む砥粒層中にダイヤモンドやCBN等の砥粒が含まれている割合、すなわち砥粒率を示すものである。砥粒率が容積パーセントで25%または4.4 (ct/cm^3) を集中度100と定義している ($1ct=200mg$)。なお、この集中度Cは、被加工物の材質に応じて20~200の値とすると良い。

【0020】固定砥粒ワイヤソーに於いて、ワイヤの固定砥粒の集中度を75以下にすると被加工物であるウェーハ切断面うねり量が許容値以内に収まることは前述のとおりであるが、従来の切断条件のままであるとウェーハの加工変質層が深く、また、固定砥粒付ワイヤの大砥粒2、2…が切断時の抵抗により脱落し易いため固定砥粒付ワイヤの寿命が短いという不具合が発生する。一般的に固定砥粒付ワイヤは高価であるので、固定砥粒付ワイヤの寿命を延ばすことはウェーハの製造コストを下げる為に必須の課題である。加工変質層とは、削り痕に脆性モードが多く含まれている状態で、この脆性モードの削り痕が発生した場合には切断面にマイクロクラックが多数存在するために半導体生成用のウェーハとしては使用できない層である。逆に良好な切断加工面ではマイクロクラックは浅く、削り痕は延性モードとなっている。ウェーハの加工変質層が深いとウェーハ表面仕上げのための後工程でのラップ工程で多大な加工時間を要するのでウェーハの加工時間及び加工費が増大する。

【0021】この加工変質層を浅くするには、ウェーハに対する砥粒一つ一つの切り込み量を減らせばよい。そのためには切断送り量を減らすか、ワイヤの走行速度を増やすことが必要である。ワイヤソーでは、切断送り速度を遅くすると切断加工能率が低下するが、ワイヤ走行速度の向上は切断能率の面で有利である。本発明に係る固定砥粒付ワイヤを用いて切断加工することによって、従来の遊離砥粒ワイヤソーでは加工液の供給面で設定不可能であったワイヤ速度の高速化を図ることができる。

【0022】図6にワイヤ走行速度V (m/min) と加工変質層深D (μm) との関係性を測定した結果を示す。図6に示すとおり、加工変質層の深さは、ワイヤ走行速度1200 (m/min) 以上で急激に減少しており、900 (m/min) 時の約半分の5 (μm) 程になる。従来の遊離砥粒ワイヤソーでは砥粒が加工液中に含まれており、加工液中の砥粒により被加工物であるインゴットを切断していたため、加工液中の砥粒がワイヤに乗らず、切断部分に十分に引き込まれて行き渡らないと切断面のソーマークが過多になり、インゴット30をきれいに切断できなかった。そのために遊離砥粒方式に於けるワイヤ走行速度の最大設定値は600~800 (m/min) 程度が限度であった。ところが固定砥粒ワイヤソーに於いては、加工液は切断部を潤滑する程度

存在すればよい、ワイヤ走行速度の上限を上げることができる。

【0023】図7にワイヤ走行速度 V (m/min) を横軸に、切断抵抗 FZ (gf/cm) との関係を示す。図7に示すとおりワイヤ走行速度 V が増加するに従って切断抵抗 FZ は減少する傾向がある。切断抵抗 FZ が減少するとウェーハ切断面のうねり量が減少し良好なウェーハが得られる。

【0024】これらの効果により、切断加工の能率を向上することができるとともに、切断面の加工変質層を薄くできるため良質なウェーハを安価にて製作することが可能となり、更に大砥粒2、2…の一つ一つに於ける切り込み量が減少するので大砥粒2、2…が脱落する確率が少なくなり固定砥粒付きワイヤの寿命を延ばすことが可能となる。

【0025】更に、本発明に係る固定砥粒付ワイヤ及び固定砥粒ワイヤソーの加工方法の実施の形態によれば、切断に寄与する大砥粒2、2…が、小砥粒3、3…によって保持されながら固着材4によって固着されているので、従来の技術である固着材4のみによって大砥粒2、2…を固着する方法と比較して大砥粒2、2…の固着力が高く、大砥粒2、2…が脱落しにくい。また、切断に寄与する大砥粒2をダイヤモンドやCBNとし、小砥粒3をダイヤモンドやCBNと比較してはるかに安価なSiCや Al_2O_3 とすることによって、切断能力が高い固定砥粒付ワイヤを安価にて提供することが可能となる。従って安価で長寿命な固定砥粒付ワイヤを提供することができるとともに、前記説明のとおりウェーハの切断加工面のうねりを少なくすることができ、更に次に示すように切断時間と切断コストの低減を図ることができる。

【0026】図8に横軸にワイヤ走行速度 V (m/min) を取り、縦軸にワイヤライフ WL (mm²/m) とした測定結果を示す。ここでワイヤライフ WL とは、単位ワイヤ長さ (m) 当たりにおける、大砥粒2の脱落無しに切断できたインゴットの切断面積 (mm²) を示している。従ってワイヤライフ WL の値が大きいほどワイヤの寿命が長く、経済的であることを示している。図8によると、ワイヤ走行速度 $V=1200$ (m/min) 以上になると $V=900$ (m/min) の状態に於けるワイヤライフと比べて2倍以上急に大きくなり、更にワイヤ走行速度 V を増すことによってワイヤライフ WL の値は増加する。

【0027】なお、ワイヤ走行速度を向上させるための手段としては、図示しないグルーブローラ18、18…の駆動モータ及びワイヤリールモータ26A、26Bの高出力化 (トルク、回転数向上) や、グルーブローラ1

8、18…の駆動減速比の変更、グルーブローラ18、18…の大径化、ワイヤリール14A、14Bの軽量化、切断に使用する固定砥粒付ワイヤの量を減らしてワイヤリールモータ26A、26Bにかかる負荷を減らす等の対策を組み合わせることで対応する。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る固定砥粒付ワイヤ及び固定砥粒ワイヤソーの切断方法によれば、固定砥粒ワイヤソーに用いる固定砥粒付ワイヤに、複数の異なった粒度を持つ砥粒が混在して固着されている、且つ／又は、複数の異なった種類の材質で構成された砥粒が混在して固着されている固定砥粒付ワイヤを用いたので、切断粉の排出性が良くなるとともに固定砥粒付ワイヤの寿命を延ばすことができる。更に、ウェーハの切断面のうねり量が減少するため、被加工物の切断面精度を良好にすることができるとともに、生産能率の向上及び生産コストの低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る固定砥粒付ワイヤ12が、インゴット30を切断している状態を固定砥粒ワイヤ12を誇張して示した断面図。

【図2】固定砥粒ワイヤソーのワイヤ経路構成図。

【図3】固定砥粒付ワイヤ12の走行方向に対して直角方向の切断抵抗 FZ (g/cm) の値を示す図。

【図4】集中度 C を横軸に変化させたときのウェーハ切断面のうねり量 FN (μm) との関係を示す図。

【図5】集中度 C を横軸に変化させたときの切断抵抗 FZ (g/cm) との関係を示す図。

【図6】ワイヤ走行速度 V (m/min) を横軸に変化させたときの加工変質層深さ D (μm) との関係を示す図。

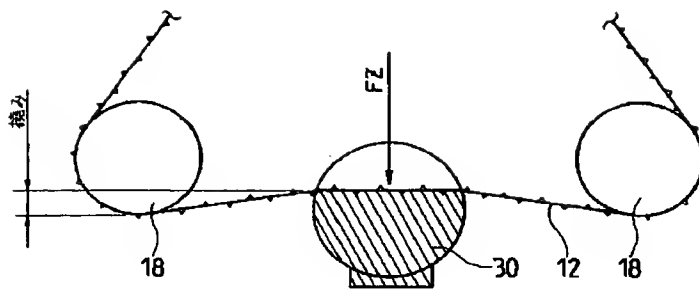
【図7】ワイヤ走行速度 V (m/min) を横軸に変化させたときの切断抵抗 FZ (g/cm) との関係を示す図。

【図8】ワイヤ走行速度 V (m/min) を横軸に変化させたときのワイヤライフ WL (mm²/m) との関係を示す図。

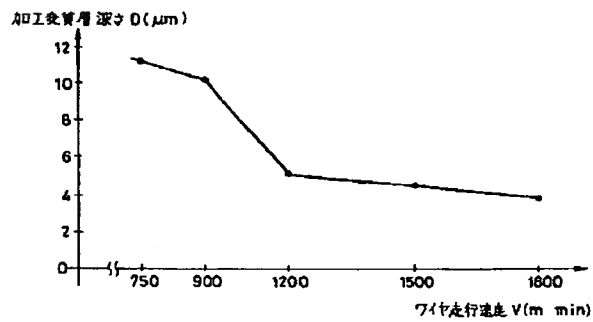
【符号の説明】

- 1…ワイヤ素線
- 2…大砥粒
- 3…小砥粒
- 4…固着材
- 5…切断粉
- 7…加工液
- 10…固定砥粒ワイヤソー
- 12…固定砥粒付ワイヤ
- 30…インゴット

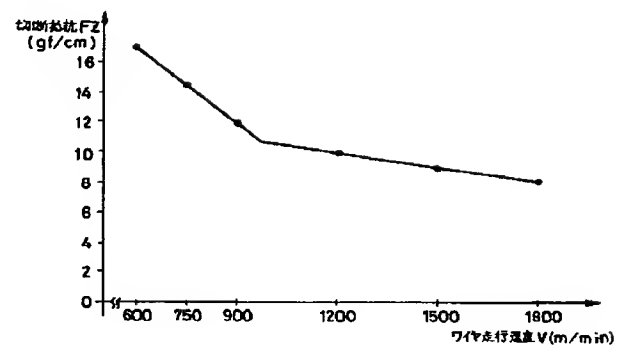
【図 3】



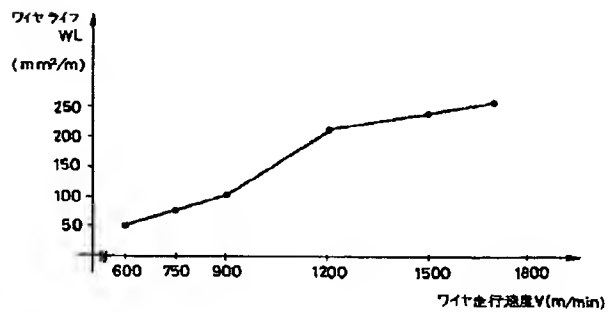
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

F ターム (参考) 3C058 AA05 AA09 AA18 AB08 AC04
CA01 CB01 CB03
3C063 AA08 AB09 BB20 EE01 EE31
FF20 FF22 FF30
3C069 AA01 BA06 BB02 BB04 CA04
EA01 EA02 EA03

